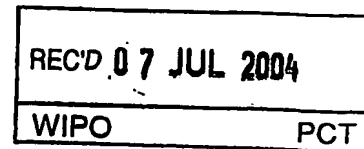


# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

29.06.2004



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 26 640.2

**Anmeldetag:** 11. Juni 2003

**Anmelder/Inhaber:** DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Optisches Sensorelement und Sensoranordnung

**IPC:** H 01 L, G 01 C, G 01 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 16. Juni 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Dzierzon

BEST AVAILABLE COPY

DaimlerChrysler AG

Optisches Sensorelement und Sensoranordnung

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein optisches Sensorelement, bei dem in einem Halbleitersubstrat ein lichtempfindlicher Bereich, in dem durch Belichtung Ladungsträger freisetzbar sind, und zwei Dotierungszonen zum Aufnehmen von in dem lichtempfindlichen Bereich freigesetzten Ladungsträgern gebildet sind, sowie mit gegen den lichtempfindlichen Bereich isolierten Elektroden zum Erzeugen eines Feldgradienten in dem lichtempfindlichen Bereich.

15 Herkömmliche Sensorelemente dieses Typs haben den in Fig. 1 schematisch dargestellten Aufbau. Fig. 1 zeigt einen Schnitt durch ein Halbleitersubstrat 1, in dem durch Diffusion oder Implantation von Fremdatomen Dotierungszonen 2, 3 gebildet sind. Eine lichtdurchlässige Oxidschicht 4 überdeckt jeweils einen Teil der Dotierungszonen 2, 3 sowie einen dazwischenliegenden Substratbereich mit intrinsischer Leitfähigkeit. Auf der Oxidschicht 4 sind zwei metallische Elektroden 5, 6 aufgebracht. Die Struktur ähnelt der eines herkömmlichen MCSFET, dessen Gate durch ein Fenster 7 in zwei den Elektroden 5, 6 entsprechende Teile geteilt ist.

Durch das Fenster 7 auf die Oxidschicht 4 treffendes Licht kann in das Halbleitersubstrat 1 eindringen und darin Paare von Ladungsträgern freisetzen.

30

Die Elektroden 5, 6 werden jeweils alternierend mit einem Potential beschaltet, das unter der jeweils beschalteten Elektrode zur Ausbildung eines leitfähigen Kanals 8 führt. Ladungsträger des geeigneten Typs, die auf den Kanal 8 stoßen, fließen über diesen zur Dotierungszone 2 oder 3 ab und ergeben so einen Photostrom.

Der Nutzen derartiger Sensorelemente liegt insbesondere in ihrer Eignung zur Durchführung eines optischen Entfernungsmessverfahrens. Hierfür wird eine Lichtquelle wie etwa eine Laserdiode mit dem gleichen Signal ein-aus-moduliert, das auch an einer der Elektroden 5, 6 anliegt. Die Laserdiode strahlt das Licht auf ein Objekt, dessen Entfernung gemessen werden soll, und von dem Objekt reflektiertes Licht trifft auf das Fenster 7. Wenn die Entfernung des Objektes Null ist, besteht zwischen dem auf das Fenster 7 treffenden Licht und dem beispielsweise an der Elektrode 5 anliegenden Signal kein Phasenunterschied, immer dann, wenn Licht auf das Fenster 7 trifft, liegt ein zum Abziehen von Ladungsträgern wirksames Potential an der Elektrode 5 an, und die in dem Substrat erzeugten Ladungsträger werden mit Hilfe dieses Abziehpotentials zur Dotierungszone 2 abgeleitet. In den Zeitintervallen, in denen die Elektrode 6 auf dem Abziehpotential liegt und die Ladungsträger zur Dotierungszone 3 geführt werden, fällt kein Licht auf das Fenster 7, so dass an der Dotierungszone 2 ein maximaler Photostrom und an der Dotierungszone 3 kein Photostrom erfasst wird. Mit zunehmender Entfernung des zu erfassenden Objektes wird die Phasenverschiebung zwischen den an den Elektroden anliegenden Signalen und dem auf das Fenster 7 treffenden Licht immer größer, und aus dem Verhältnis der an den Dotierungszonen 2, 3 abgegriffenen Photoströme kann die Entfernung des Objektes gefolgert werden.

Ein Problem bei der bekannten Struktur der Fig. 1 ist, dass das Licht in ein Silizium-Halbleitersubstrat 1 einige Mikrometer tief eindringt (ca. 20  $\mu\text{m}$  bei einer Wellenlänge von 850 nm), dass aber der Feldgradient, der in dem Substrat 1 durch

die gegenphasig an den Elektroden 5, 6 anliegenden Potentiale erzeugt wird, und der benötigt wird, um die Ladungsträger zu einer der Dotierungszonen 2, 3 wandern zu lassen, eine demgegenüber wesentlich geringere Eindringtiefe aufweist. Das  
5 heißt, es werden nur Ladungsträger mit guter Effektivität aufgefangen und in die Dotierungszonen geleitet, die nahe an der Oberfläche des Halbleitersubstrats 1 und in geringer Entfernung von den Elektroden 5, 6 erzeugt werden; ein Großteil der erzeugten Ladungsträger entsteht jedoch in tieferen Be-  
10 reichen des Substrats 1. Bei diesen Ladungsträgern ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass sie rekombinieren, bevor sie eine Dotierungszone erreichen und folglich nicht nachgewiesen werden können.

15 Außerdem ist nur ein kleiner Teil der Oberfläche des Substrats effektiv zum Nachweis von Licht nutzbar. Wenn die - meist metallischen - Elektroden 5, 6 lichtundurchlässig sind, kann kein Licht die darunter liegenden Bereiche des Substrats erreichen. Doch selbst wenn man die Elektroden transparent  
20 macht, führt der durch Anlegen des Abziehpotentials an eine der Elektroden 5, 6 unter ihr im Substrat 1 induzierte Kanal 8 dazu, dass das zum Ableiten der Ladungsträger benötigte elektrische Feld sich auf den Bereich des Fensters 7 konzentriert; die von den Elektroden überdeckte Bereiche des Sub-  
25 strats sind durch den Kanal 8 abgeschirmt, so dass Ladungsträger von dort nicht abgezogen werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, ein Sensorelement der eingangs definierten Art anzugeben, das eine hohe Empfind-  
30 lichkeit aufweist.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Sensorelement mit den Merkmalen des Anspruches 1. Indem erfindungsgemäß die isolierten Elektroden in in der Oberfläche des Substrats gebildeten Grä-  
35 ben angebracht sind, sind sie im Stande, ein eine Drift der Ladungsträger antreibendes elektrisches Feld zu erzeugen, das bis in eine beträchtliche Tiefe in das Substrat vordringt und

auch in oberflächenfernen Bereichen des Substrat erzeugte Ladungsträger erfasst.

Jede Dotierungszone sollte zweckmäßigerweise eine Isolations-  
5 schicht einer der isolierten Elektroden berühren, so dass,  
wenn sich durch ein an die isolierte Elektrode angelegtes Ab-  
ziehpotential ein leitfähiger Kanal an der Isolationsschicht  
bildet, dieser Kanal Kontakt mit der Dotierungszone hat und  
in dem Kanal gesammelte Ladungsträger der Dotierungszone ohne  
10 Verluste zugeleitet werden können. Da anders als bei der her-  
kömmlichen Struktur die Kanäle bei der erfindungsgemäßen  
Struktur zur gewünschten Driftrichtung praktisch senkrecht  
stehen, schirmen sie die zwischen zwei Elektroden liegenden  
Bereiche des Halbleitersubstrats nicht nennenswert gegen das  
15 elektrische Feld ab. So trägt die gesamte Halbleitermasse  
zwischen den zwei Elektroden zur Empfindlichkeit des Sensor-  
elements bei.

Wenn die Tiefe der Gräben größer ist als die Dicke der Dotie-  
20 rungszonen, können den Dotierungszonen auch über die sich an  
den Elektroden bildenden Kanäle Ladungsträger zugeführt wer-  
den, die in tiefen Zonen des Halbleitersubstrats unterhalb  
der Dotierungszonen erzeugt werden. Da die Dicke der Dotie-  
rungszone im allgemeinen kleiner als die Eindringtiefe des  
25 Lichts ist, kann sogar das Halbleitermaterial unterhalb der  
Dotierungszonen einen Beitrag zur Empfindlichkeit des Sensor-  
elements leisten.

Die bevorzugte Tiefe der Gräben liegt zwischen 5 und 40  $\mu\text{m}$ ,  
vorzugsweise zwischen 12 und 25  $\mu\text{m}$ . Im Allgemeinen wird man  
30 um so tiefere Gräben wählen, je größer die Eindringtiefe des  
nachzuweisenden Lichtes in das Halbleitersubstrat 1 ist.

Um eine gute Ausnutzung der Substratfläche zu erreichen, sind  
zweckmäßigerweise jeweils zwei in einer ersten Richtung be-  
nachbarte Sensorelemente beiderseits einer gemeinsamen iso-  
35 lierten Elektrode angeordnet. Dabei können an die gemeinsame  
isolierte Elektrode angrenzende Dotierungszonen der zwei Sen-  
sorelemente elektrisch leitend verbunden sein. Zwei Sensor-

elemente mit leitend verbundenen Dotierungszonen sind zweckmäßigerweise jeweils zu einem Pixel zusammengefasst, wobei ein Pixel durchaus mehr als zwei Sensorelemente aufweisen kann.

5

Um eine ortsauflösende Sensoranordnung zu schaffen, sollten wenigstens einzelne Paare von Sensorelementen existieren, bei denen an die gemeinsame isolierte Elektrode angrenzende Dotierungszonen der zwei Sensorelemente elektrisch voneinander isoliert sind, so dass die in den zwei Dotierungszonen aufgefangenen Photoströme getrennt voneinander verarbeitet werden können.

Eine solche Isolation von sich beiderseits einer isolierten Elektrode gegenüberliegenden Dotierungszonen ist zum Beispiel dadurch realisierbar, dass die zwischen ihnen liegende isolierte Elektrode am Boden ihres Grabens eine dickere Isolierschicht als an dessen Seitenwänden aufweist. Durch diese Maßnahme wird die Entstehung eines leitfähigen Kanals über den Boden des Grabens hinweg verhindert, der sonst eine leitfähige Verbindung zwischen den Dotierungszonen darstellen könnte.

Einer anderen Ausgestaltung zufolge haben zwei benachbarte, zu verschiedenen Pixeln gehörende Sensorelemente nicht eine gemeinsame isolierte Elektrode, sondern zwischen zwei solchen Elektroden der benachbarten Sensorelemente ist eine die Elektroden gegeneinander isolierende Zone gebildet. Bei einer solchen isolierenden Zone kann es sich zum Beispiel um das Halbleitersubstrat selbst handeln, wenn beispielsweise die zwei Elektroden jeweils in eigenen Gräben untergebracht sind.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren.

35

Dabei zeigen:

Fig. 1 bereits behandelt, einen Schnitt durch ein Halbleitersubstrat mit einem herkömmlichen Sensorelement;

5 Fig. 2 teils im Schnitt, teils in perspektivischer Draufsicht auf die Oberfläche, ein erfindungsgemäßes Sensorelement;

Fig. 3 eine Draufsicht auf ein Pixel einer ortsauflösenden Sensoranordnung, gebildet aus mehreren der in Fig. 2 gezeigten Sensorelemente;

10 Fig. 4 eine Draufsicht auf mehrere Pixel einer zweiten ortsauflösenden Sensoranordnung;

Fig. 5 einen schematischen Schnitt durch ein Sensorelement gemäß einer zweiten Ausgestaltung der Erfindung; und

Fig. 6 ein weiteres Beispiel für eine Sensoranordnung.

15

Fig. 2 zeigt ein einzelnes erfindungsgemäßes Sensorelement 10. Es umfasst zwei in einem Siliziumsubstrat 1 anisotrop geätzte, parallele Gräben 11, die nach dem Ätzen oberflächlich oxidiert worden sind, um eine isolierende Oxidschicht 12 zu bilden, und die anschließend mit Metall aufgefüllt worden sind, um gegen das Substrat 1 isolierte Elektroden 13, 14 zu bilden. Die Elektroden 13, 14 liegen einander wie parallele Platten eines Kondensators gegenüber. Die Tiefe der Gräben 11 beträgt ca. 25  $\mu\text{m}$ , ihre Länge ist weitgehend willkürlich wählbar und kann beispielsweise in einem Bereich von 20 bis 25 200  $\mu\text{m}$  liegen.

Zwischen den zwei Elektroden 13, 14 und jeweils in Kontakt mit der Oxidschicht 12 einer von ihnen sind zwei Dotierungszonen 15, 16 gebildet. Die Dicke der Dotierungszonen 15, 16 ist deutlich geringer als die Eindringtiefe des Lichtes in 30

das Halbleitersubstrat 1, so dass nicht nur Licht, das auf einen undotierten Oberflächenbereich 17 zwischen den Zonen 15, 16 fällt, sondern auch Licht, das die Dotierungszonen 15, 16 durchdringt, in dem zwischen den Gräben 11 liegenden empfindlichen Bereich 18 des Substrats Ladungsträger freisetzen kann. Diese Ladungsträger werden zu der jeweils mit einem Abziehpotential beaufschlagten Elektrode 13 oder 14 hin abgezogen und treffen schließlich auf einen rings um die Elektrode 13 oder 14 an ihrer Oxidschicht 12 induzierten Kanal 19. Über diesen Kanal 19 fließen die Ladungsträger zu der benachbarten Dotierungszone 15 bzw. 16 und werden über einen daran angebrachten Ohmschen Kontakt abgeleitet.

Fig. 3 zeigt eine Draufsicht auf ein Pixel einer Sensoranordnung, das aus vier Sensorelementen 10, wie in Fig. 2 dargestellt, zusammengesetzt ist. Ein einzelnes Sensorelement 10 entspricht in Fig. 3 dem durch ein gestricheltes Rechteck gekennzeichneten Bereich. Es gibt zwei isolierte Elektroden 13, in Fig. 3 mit 13' bezeichnet, die jeweils zwei einander benachbarten Sensorelementen 10 angehören und an deren zwei Längsseiten sich Dotierungszonen 15, 16 erstrecken. Die zwei Dotierungszonen 15, 16 an jeder der Elektroden 13' sind über ein Längsende der Elektrode 13' verlängert und so miteinander elektrisch leitend verschmolzen. Nur die äußeren Elektroden, mit 13'' bezeichnet, weisen nur an einer Längsseite eine Dotierungszone 15, 16 auf.

Die Elektroden 13', 13'' sind jeweils alternierend mit zwei Versorgungsleitungen 20, 21 verbunden, über die sie jeweils um 180° phasenverschoben das Abziehpotential empfangen. Entsprechend sind die Dotierungszonen jeweils alternierend mit zwei Signalleitungen 22, 23 verbunden.

Bei der in Fig. 4 gezeigten Sensoranordnung ist jede einzelne eine isolierte Elektrode 13 oder 14 umgebende Dotierungszone 15 oder 16 mit einer eigenen Signalleitung 24 versehen. Dies bedeutet, dass, wenn die Elektroden 13 mit dem Abziehpotenti-



al beschaltet sind, die sie umgebenden Dotierungszonen 15 jeweils Ladungsträger aus den zwei in der Fig. jeweils unter dem Bezugszeichen 24 zusammengefassten Sensorelementen sammeln, während, wenn die Elektroden 14 das Abziehpotential empfangen, diese jeweils Ladungsträger aus den mit 25 be-  
5 bezeichneten Paaren sammeln. Es bilden also jeweils zwei Sensorelemente 10 ein Pixel, wobei die Position der Pixel jeweils periodisch um eine halbe Pixelbreite schwankt bzw. die Zuordnung der Sensorelemente 10 in Abhängigkeit davon variiert, an welchen Elektroden das Abziehpotential anliegt. Mit  
10 einer solchen Sensoranordnung können zwar sehr hoch auflösende Bilder, insbesondere in einem Halbbildmodus, erzeugt werden; um diese Bilder für eine ortsauflösende Entfernungsmessung einzusetzen, ist jedoch ein größerer Verarbeitungsaufwand erforderlich als bei stationären Pixeln gemäß der Aus-  
15 gestaltung der Fig. 3.

Kleine stationäre Pixel können mit der Ausgestaltung der Fig. 5 erhalten werden. Das in dieser Fig. dargestellte Sensorelement 10' unterscheidet sich von dem Sensorelement 10 der Fig. 2 dadurch, dass die Oxidschicht 12 der isolierten Elektroden 13, 14 jeweils am Boden 26 des Grabens, in dem die Elektroden angeordnet sind, deutlich breiter gemacht ist als an dessen  
20 Seitenflanken 27. Infolgedessen ist die elektrische Feldstärke in dem an die Oxidschicht 12 angrenzenden Halbleitermaterial jeweils am Boden 26 geringer als an den Seitenflanken 27, so dass, wenn Abziehpotential an einer der Elektroden 13, 14 anliegt, zwei nicht leitend verbundene Kanäle 19 auf beiden  
25 Seiten der Elektrode resultieren. Da bei dieser Ausgestaltung die Dotierungszonen 15, 16 beiderseits einer isolierten Elektrode 13, 14 auch nicht auf der Substratoberfläche miteinander verbunden sind, beeinflussen sich benachbarte Sensorelemente 10' gegenseitig nicht, so dass jedes Sensorelement 10' ein von den anderen unabhängiges Pixel darstellt.  
30

35 Eine andere Möglichkeit, benachbarte Sensorelemente zu entkoppeln, um sie jeweils jedes für sich als ein Pixel zu nut-

zen, ist in Fig. 6 gezeigt. Die einzelnen Sensorelemente 10 sind hier mit denen aus Fig. 2 identisch, doch anders als in Fig. 3 gehört jede isolierte Elektrode 13, 14 genau einem Sensorelement 10 an, und zwischen einander benachbarten Elektroden 13, 14 verschiedener Sensorelemente 10 findet sich  
5 eine isolierende Schicht 28, hier in Form von Material des Halbleitersubstrats 1.

DaimlerChrysler AG

Patentansprüche

- 5 1. Optisches Sensorelement (10), bei dem in einem Halbleitersubstrat (1) ein lichtempfindlicher Bereich (18), in dem durch Belichtung Ladungsträger freisetzbar sind, und zwei Dotierungszonen (15, 16) zum Aufnehmen von im lichtempfindlichen Bereich (18) freigesetzten Ladungsträgern gebildet sind, sowie mit gegen den lichtempfindlichen Bereich (18) isolierten Elektroden (13, 14) zum Erzeugen eines Feldgradienten in dem lichtempfindlichen Bereich (18),  
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
15 dass die isolierten Elektroden (13, 14) in in der Oberfläche des Substrats (1) gebildeten Gräben angebracht sind.
- 20 2. Optisches Sensorelement nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass jede Dotierungszone (15, 16) eine Isolationsschicht (12) einer der isolierten Elektroden (13, 14) berührt.
- 25 3. Optisches Sensorelement nach Anspruch 1 oder 2,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass an jeder Dotierungszone (15, 16) ein ohmscher Kontakt gebildet ist.
- 30 4. Optisches Sensorelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die Tiefe der Gräben größer ist als die Dicke der Dotierungszonen (15, 16).

- 5 5. Optisches Sensorelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Tiefe der Gräben zwischen 5 und 40  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise zwischen 12 und 25  $\mu\text{m}$  tief sind.
- 10 6. Optische Sensoranordnung mit einer Mehrzahl von Sensoren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass jeweils zwei in einer ersten Richtung benachbarte Sensorelemente (10) beiderseits einer gemeinsamen isolierten Elektrode (13') angeordnet sind.
- 15 7. Optische Sensoranordnung nach Anspruch 6,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass an die gemeinsame isolierte Elektrode (13') angrenzende Dotierungszonen (15, 16) der zwei Sensorelemente (10) elektrisch leitend verbunden sind.
- 20 8. Optische Sensoranordnung nach Anspruch 7,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die zwei Sensorelemente (10) zu einem Pixel zusammengefasst sind.
- 25 9. Optische Sensoranordnung nach Anspruch 6,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass an die gemeinsame isolierte Elektrode (13') angrenzende Dotierungszonen (15, 16) der zwei Sensorelemente (10, 10') elektrisch voneinander isoliert sind.
- 30 10. Optische Sensoranordnung nach Anspruch 9,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass eine Isolierschicht (12) einer der isolierten Elekt-
- 35

roden (13, 14) am Boden (26) ihres Grabens dicker als an dessen Seitenwänden (27) ist.

- 5 11. Optische Sensoranordnung mit einer Mehrzahl von Sensoren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass zwischen einander benachbarten isolierten Elektroden (13, 14) von zwei in einer ersten Richtung benachbarten Sensorelementen (10) eine die Elektroden (13, 14) gegen-  
10 einander isolierende Zone (28) gebildet ist.
12. Optische Sensoranordnung nach Anspruch 11,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die isolierende Zone (28) durch das Halbleitersub-  
15 strat (1) gebildet ist.

Fig. 1

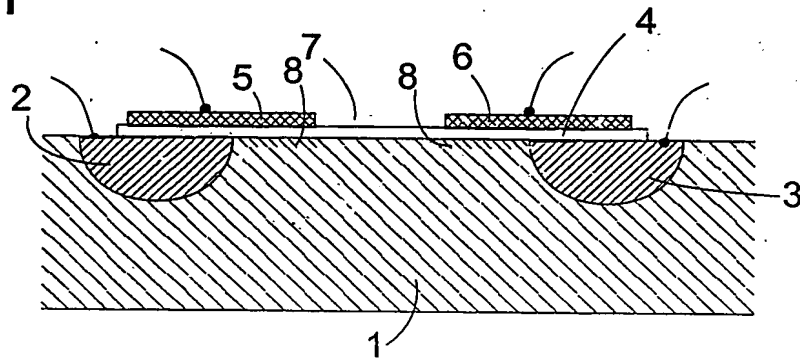


Fig. 2

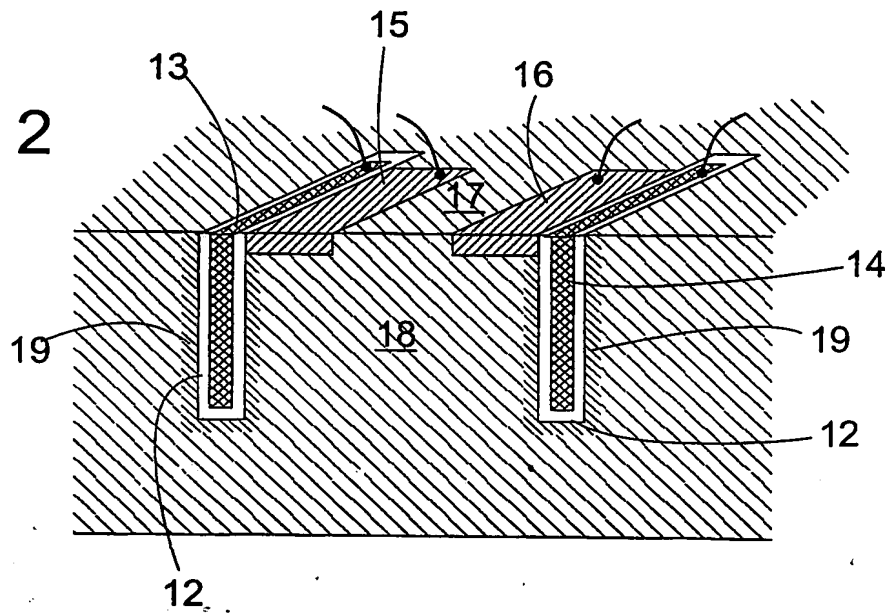


Fig. 3

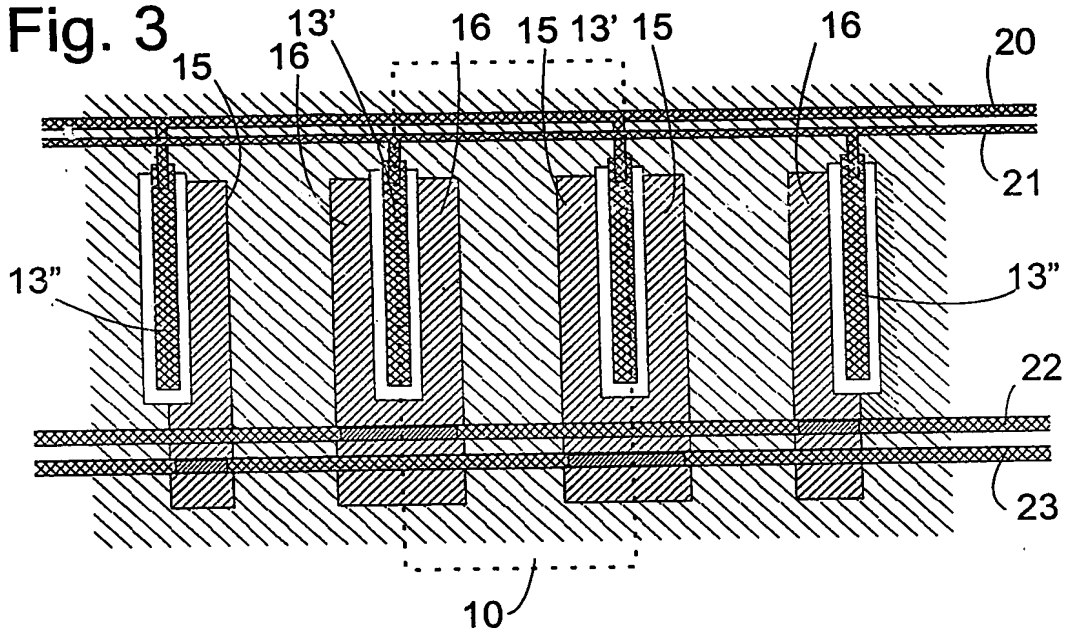
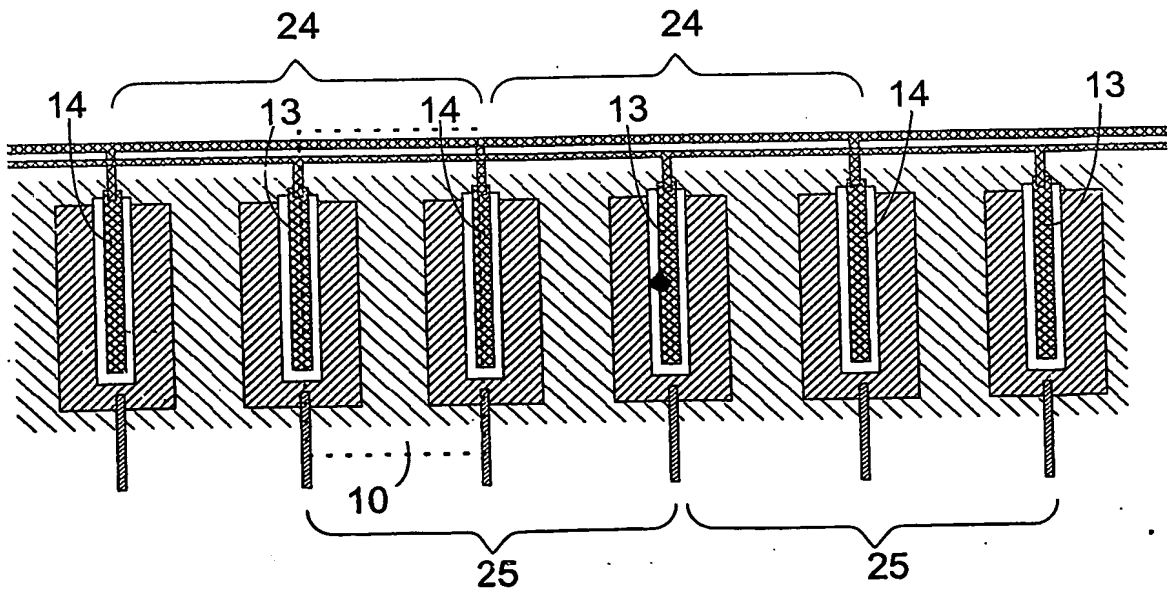
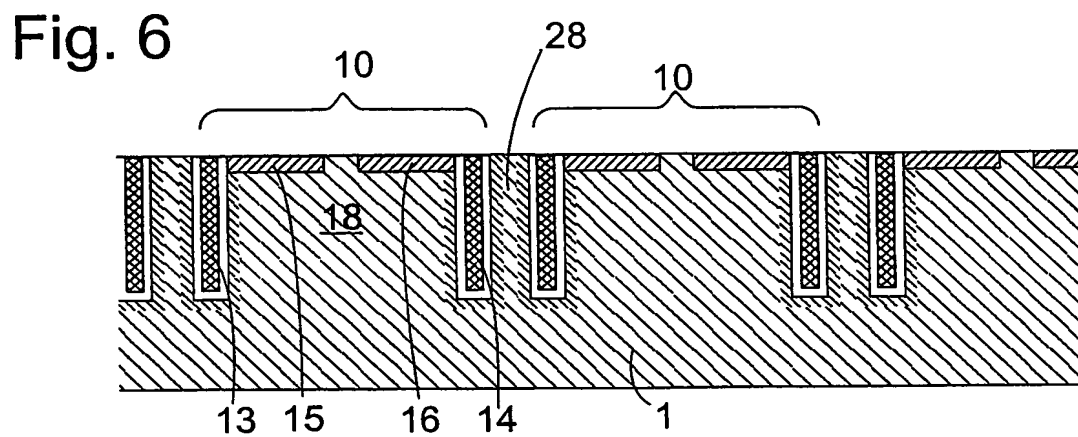
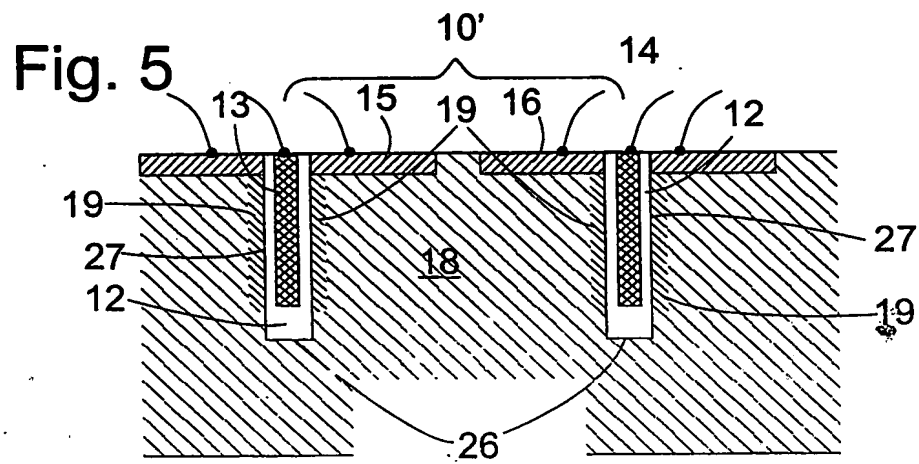


Fig. 4







DaimlerChrysler AG

Zusammenfassung

5 Bei einem optischen Sensorelement (10), bei dem in einem Halbleitersubstrat (1) ein lichtempfindlicher Bereich (18), in dem durch Belichtung Ladungsträger freisetzbar sind, und zwei Dotierungszonen (15, 16) zum Aufnehmen von im lichtempfindlichen Bereich (18) freigesetzten Ladungsträgern gebildet  
10 sind, sind gegen den lichtempfindlichen Bereich (18) isolierte Elektroden (13, 14) zum Erzeugen eines Feldgradienten in dem lichtempfindlichen Bereich (18) in in der Oberfläche des Substrats (1) gebildeten Gräben angebracht.

15 (Fig. 2)

Fig. 1

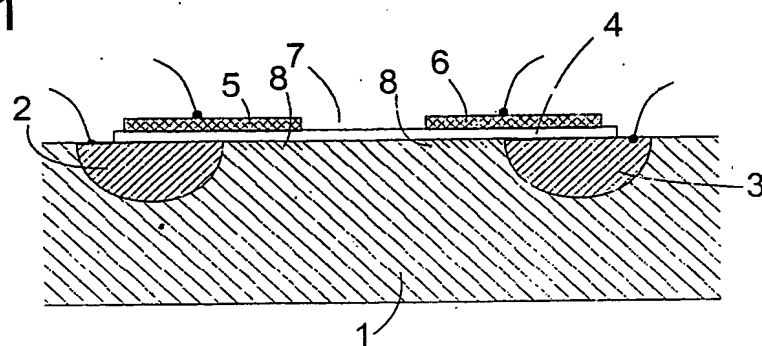


Fig. 2

